



Vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon kehitys

Andres Selgal

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

SELGAL, ANDRES:

Vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon kehitys

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2020

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena työnä ja konstruktivisena tutkimuksena, jossa käsiteltiin Virossa toimivan SELGAL OÜ:n tekemää vainajanosto- ja -siirtolaitteen tuotekehitystä. Tuotesuunnitteluprosessi käynnistettiin tarpeellisuudesta ja toimeksiannosta, joka saatiin kangasalalaiselta perheyritykseltä Estola & Co Ky:ltä. Estola & Co Ky:n nykyiseen tuotevalikoimaan kuuluvan vainajanosto- ja -siirtolaitteen runkoon, ulkonäköön ja toimintaan tarvittiin selkeitä muutoksia, joiden avulla voitaisiin kehittää tuotetta muun muassa helppokäyttöiseksi ja valmistaa tilaajien toiveiden mukaisia nosto- ja siirtolaitteita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uudelleen vainajanosto- ja -siirtolaitteen runko muuttaen tuotetta käytännölliseksi ja kestäväksi. Runkoa parannettiin uusilla ominaisuuksilla, esimerkiksi vääntyvyydellä, tehostaakseen laitteen ohjattavuutta. Opinnäytetyön suunnitteluprosessin loppuvaiheessa rakennettiin prototyyppi ja nollasarja. Runkosuunnittelu tehtiin SolidWorks-mallinnusohjelmalla. Nostolaitteen rungon lujuusominaisuudet tarkistettiin ANSYS-ohjelmalla. Opinnäytetyön tekemisen aikana havaittiin, että kehitetylle laitteelle voidaan löytää muitakin sovellusmahdollisuuksia muun muassa elintarviketeollisuuden piiristä, esimerkiksi logistiikasta ja varastoinnista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä muutoksia jo olemassa olevaan vainajanosto- ja -siirtolaitteeseen. Muutokset tehtiin luomalla konkreettisia ratkaisuja laitteen runkoon ja materiaaliin. Työssä myös päivitettiin SELGAL OÜ:n nosto- ja siirtolaitteiden piirustuksia. Näiden ratkaisujen myötä pystyttiin kehittämään muun muassa muotoilultaan ja yksityiskohdiltaan esteettistä, kestävää, helppokäyttöistä tuotetta, jolla on pitkä elinkaari ja jota on myös helppo pestä ja pitää puhtaana. Samalla suunnitteluprosessissa pystyttiin huomioimaan myös vainajanosto- ja -siirtolaitteen loppukäyttäjien toiveet ja sairaaloiden puhtaus- sekä hygieniavaatimukset.

Asiasanat: tuotekehitys, tuotesuunnitteluprosessi, tuotteen elinkaari, nostolaite, siirtolaite, lujuuslaskenta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering Development

SELGAL, ANDRES
Development of a Mortuary Body Lifter's Chassis

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 2 pages
May 2020

This action-based, constructive study deals with the product development of a mortuary body lifter in an Estonian-based company SELGAL OÜ. The product design process began with an actual demand and a customer assignment from a family-owned company Estola & Co LP based in Kangasala. The company wished for actual improvements to be applied on the chassis, outlook, and performance of one of the body lifters in their product range.

The objective of this study was to re-design the chassis of the mortuary body lifter to turn the product into a more practical and durable one. To improve the manoeuvrability the chassis was given new features, such as twistability. At the end of this study a prototype and a zero series were built. The redesign of the chassis was carried out with the help of the SolidWorks program, and strength properties were verified in ANSYS. In the process of conducting this study it was noticed that the redesigned product might have a potential for new application possibilities in the food industry, including warehousing and logistics.

The purpose of the thesis was to make efficient changes to the existing mortuary body lifter by creating actual solutions for improving the product's chassis and material. Within this study, SELGAL OÜ's drawings of mortuary body lifters were also updated. New solutions enabled the development of an easy to wash, easy to keep clean, a more sustainable and a more user-friendly product with a longer product lifecycle. In the design process, the wishes of end users of mortuary body lifters and the requirements set by hospital were considered.

Key words: product development, product design process, product lifecycle, mortuary body lifter, strength properties calculation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	YRITYKSET	7
2.1	SELGAL OÜ	7
2.2	Estola & Co Ky	7
3	VAINAJANOSTO- JA -SIIRTOLAITE	9
3.1	Vainajanosto- ja -siirtolaite	9
3.2	Lähtötilanne	10
3.3	Käyttäjätoiveet	11
4	SUUNNITTELUTYÖ	12
4.1	Suunnittelukysymykset	12
4.2	Suunnittelutyön vaiheet	12
4.3	Runkomateriaalin valinta	13
4.4	Laskelmat	14
5	UUDEN NOSTO- JA SIIRTOLAITTEEN RUNGON TUOTEKEHITYS	19
5.1	Tuotekehitys	19
5.2	Käyttäjäkeskeinen suunnitteluprosessi	19
5.3	Suunnittelutyön haasteet	21
6	MITTAPIIRUSTUSTEN PÄIVITYS	23
7	SUNNITTELUTYÖN TUOTOS	26
8	POHDINTA	29
8.1	Tuotekehitysprojektin tuotos	29
8.2	Jatkokehityksen näkymät	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	34
	Liite 1. Alumiinirungon materiaalin mekaaniset ominaisuudet (Nedal Aluminium)	34
	Liite 2. Sylinteri	35

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä keskitytään vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon kehitykseen. Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen työ, joka tehtiin SELGAL OÜ:lle (Virossa toimiva osakeyhtiö). Se perustuu SELGAL OÜ:n todelliseen tarpeeseen jatkokehittää asiakkaansa Estola & Co Ky:n (kommandiittiyhtiö) jo olemassa olevaa vainajanosto- ja -siirtolaitetta. SELGAL OÜ valmistaa kyseessä olevia vainajanosto- ja -siirtolaitteita. Estola & Co Ky myy niitä loppukäyttäjille.

Vainajanosto- ja -siirtolaitteella nostetaan ja siirretään vainajia ja ruumisarkkuja. Kyseinen siirrettävä nostolaite on suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi sairaaloissa, vanhainkodeissa, seurakunnissa ja krematorioissa, jotka ovat kyseisen laitteen loppukäyttäjiä. Kuvassa 1 näkyy kehityskohteenä olleen vainajanosto- ja -siirtolaitteen alarunko, joka on alhaalta avoin. Runko on valmistettu AISI 316 -ruostumattomasta teräksestä. Rakenteeltaan se on U-muotoinen. Rungon muodon ansiosta voidaan helpottaa vainajanosto- ja -siirtolaitteen kokoonpanoa.



KUVA 1. Kehityksen kohteena olleen vainajanosto- ja -siirtolaitteen U-muotoinen alarunko

Ohjattavuus ja peseminen olivat laitteen ongelmat loppukäyttäjien kannalta. Todellisuudessa puhdistus oli onnistunut manuaalisesti puhdistusliinoja käyttäen. Loppukäyttäjien mielestä puhdistus olisi pitänyt onnistua automaattisten pesukoneiden avulla.

Tämän opinnäytetyön kirjoittaja on aiemmin työskennellyt Estola & Co Ky:n palveluksessa muun muassa kokoonpanotyöntekijän ja suunnittelijan tehtävissä. Kirjoittajan kokemuksen mukaan kokoonpanotyöntekijät pitivät vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon heikkoutena muun muassa hankalaa kokoonpanoprosessia ja rungon rakenteellisista ominaisuuksista johtuvaa epähygieenisyyttä, jotka todennäköisesti näkyvät myös laitteen huollossa ja puhdistuksessa. Neliönmuotoisen vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon hyviin ominaisuuksiin voidaan laskea muun muassa rungon yksinkertaisuus ja kustannustehokkuus.

Kehitystyön lähtötilanteessa vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon puhdistus ei aina onnistunut loppukäyttäjien haluamalla tavalla ja siksi opinnäytetyön päätarkoituksena oli tehdä muutoksia vainajanosto- ja -siirtolaitteen ulkonäköön. Tavoitteena oli kehittää vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungosta käytännöllisempi sekä helppokäyttöisempi vainajanosto- ja -siirtolaitteen loppukäyttäjille.

Tämän työn tarkoituksena oli myös tehdä laitteen kokoonpanoprosessista tehokkaampi ja helpottaa laitteen rungon pesua ja puhdistusta niin, että uusi jatkokehitetty tuote tulisi täyttämään myös sairaaloiden ja muiden tilaajien puhtaus- sekä hygieniavaatimukset. Opinnäytetyössä haluttiin myös parantaa rungon muotoilua ja kestävyyttä sekä vähentää sen jäykkyyttä. Suunnitteluprosessin loppuvaiheessa rakennettiin ensin prototyyppi ja myöhemmin nollasarja eli ensimmäinen tuotantosarja.

Opinnäytetyössä kehitettiin nosto- ja siirtolaitteiden päärunkoa (alarunkoa), päivitettiin yrityksen nosto- ja siirtolaitteiden piirustukset sekä tuotettiin konkreettisia ratkaisuja SELGAL OÜ:n kehitystarpeisiin. Tuotesuunnittelun tuloksena saatiin uusi runkoratkaisu. Laskelmat tehtiin osana tuotekehitysprojektia, mutta kustannuslaskenta ja hinnoittelu rajattiin pääosin pois tästä työstä.

2 YRITYKSET

2.1 SELGAL OÜ

Tämä opinnäytetyö on tehty SELGAL OÜ:n toimeksiannosta. SELGAL OÜ on Virossa toimiva yritys, joka tarjoaa räätälöityjä ratkaisuja ja valmistaa alihankintana muun muassa vainajanosto- ja -siirtolaitteita. Yrityksessä sovelletaan ISO 9001 -laatustandardia. Yritys perustettiin Viron Saarenmaalle 9 vuotta sitten. Parhaillaan yritys työllistää 2 henkilöä. (SELGAL OÜ 2019.)

Yrityksen perustajalla, joka on myös tämän opinnäytetyön kirjoittaja, on pitkä työkokemus vainajanosto- ja -siirtolaitteiden valmistuksesta. Työn teettävällä yrityksellä on myös ymmärtämystä, millainen vainajanosto- ja -siirtolaitteiden käyttötilanne Suomessa on, ketkä ovat niiden loppukäyttäjät ja miten heidän työnsä voidaan optimoida.

Yrityksessä hyödynnetään suurissa määrin alihankintaa. Alihankkijat vastaavat suunnittelun toteuttamisesta. Yrityksen tavoitteena on laajentaa tuotevalikoimaansa. (SELGAL OÜ 2019.)

2.2 Estola & Co Ky

Estola & Co Ky on pirkanmaalainen perheyritys, joka on palvellut laajaa kotimaista ja ulkomaalaista asiakaskuntaa jo vuodesta 1967 lähtien. Mikko Vehkaojan johtaman perheyrityksen toiminta keskittyy kylmäkalusteratkaisuihin sekä erilaisiin hydraulisiin nostojärjestelmiin. Yrityksen tuotevalikoimasta löytyy muun muassa osastovaunuja, kevyitä nostimia, katafalkkivaunuja, ulkosaattovaunuja ja hydraulisia nostolaitteita. (Estola & Co 2020.)

Vuonna 2018 Estola & Co Ky:ssä päätettiin ulkoistaa hydraulisten vainajanosto- ja -siirtolaitteiden valmistaminen Viroon. Estola & Co Ky valitsi yhteistyökumppanikseen virolaisen perheyrityksen SELGAL OÜ:n. Toimeksiannon saatua SEL-

GAL OÜ alkoi valmistaa Estola Co Ky:lle hydraulisia vainajanosto- ja -siirtolaitteita, joita voidaan jatkokehittää ja muokata laitteen loppukäyttäjän toiveiden mukaan. (SELGAL OÜ 2019.)

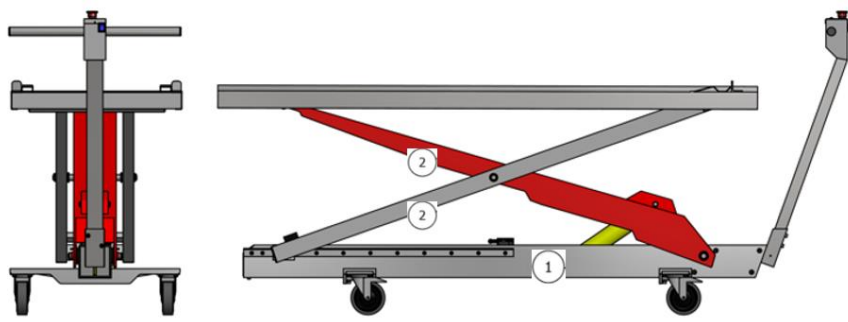
3 VAINAJANOSTO- JA -SIIRTOLAITE

3.1 Vainajanosto- ja -siirtolaite

Vainajanosto- ja -siirtolaitteita valmistetaan kahtena eri versiona, manuaalisena ja sähköisenä. Manuaalisessa versiossa nosto tapahtuu jalkapumpulla, kun taas sähköisessä versiossa nostotason nosto tapahtuu sähkömoottorilla, joka pyörittää hammaspumpua. Hammaspumpun tehtävänä on pumpata öljyä työsylinteriin. (SELGAL OÜ 2019.)

Tässä opinnäytetyössä kehittämiskohteena olleen nosto- ja -siirtolaitteen nostomekanismi perustuu saksinostimen toimintaperiaatteeseen. Kuvassa 2 esitetään alkuperäisellä rungolla varustettu nosto- ja siirtolaite. Uudessa laitteessa nostomekanismi perustuu saksinostimen toimintaperiaatteeseen.

Kuvassa 2 esitetään tämän kehitystyön kohteena ollut laite ja ne laitteen osat, jotka mainitaan tässä opinnäytetyössä. Kuvassa numerolla 1 on merkitty vainajanosto- ja -siirtolaitteen vanhanmallinen runko, joka on tämän opinnäytetyön kehityksen kohde. Saksinostimen aisat on merkitty numerolla 2. Aisaparin toinen pääty on yhdistetty runkoon akseliliitoksella, jonka ansiosta pääty pystyy pyörimään yhdistysakselin keskipisteen ympäri aisapäädyn lineaarisen liikkeen ollessa estetty. Aisojen toinen pääty puolestaan saa vapaasti liikkua myös vaakasuunnassa. Tällä mekaanisella ratkaisulla varmistetaan, että nostotason vaakasuuntainen liike on estetty nostotason liikkeessä ylöspäin ja/tai alaspäin. (SELGAL OÜ 2019.)



KUVA 2. Merialumiinirungolla varustettu vainajanosto- ja -siirtolaite (Estola & Co Ky 2016)

Vainajanosto- ja -siirtolaitteen erikoisvarustukseen voivat kuulua muun muassa digitaalinen punnituslaite ja keskipyöräjärjestelmä. Nostotasoon asennetulla punnitusjärjestelmällä punnitaan vainaja. Digitaalinen punnituslaite on valmiiksi asennettu siten, että näytölle ilmestyy vain tieto vainajan painosta. Keskipyöräjärjestelmää suositellaan käytettäväksi helpottamaan laitteen ohjattavuutta etenkin ahtaissa tiloissa, esimerkiksi vanhainkodeissa. Digitaalisen punnituslaitteen käyttökohteita ovat esimerkiksi sairaaloiden patologiaosastot tai -laitokset. (SELGAL OÜ 2019.)

Vuonna 2014 vahvistetun SFS-EN 1570-1:2011 + A1:2014 -standardin osassa 1 ”Nostopöydät, joilla on enintään kaksi kiinteää pysähdystasoa” käsitellään yleisiä turvallisuusvaatimuksia, jotka koskevat nostopöytiä. Standardin määritelmän mukaan siirrettävällä nostopöydällä tarkoitetaan ”nostopöytää, joka on asennettu niin, että sen sijoituspaikkaa voidaan helposti muuttaa” (SFS-EN 1570-1:2011 + A1:2014, 8). Kyseistä standardia voidaan soveltaa tässä opinnäytetyössä kehityksen kohteena olleeseen tuotteeseen, sillä nostolaite on käsin siirrettävä akkukäyttöinen hydraulinen nostotaso.

3.2 Lähtötilanne

Ennen tätä tuotekehitysprojektia vainajanosto- ja -siirtolaitteen alarunko valmistettiin merialumiinista ja muut nosto- ja siirtolaitteen osat haponkestävästä teräksestä AISI 316 (liite 1). Alarunko oli tietyissä käyttöympäristöissä, kuten sairaal-

loissa ja patalogiaosastoilla, vaikea pestä nimenomaan alkuperäisen materiaalinvalinnan takia. Pesussa ei voitu käyttää tehokkaita ja desinfioivia puhdistusaineita, koska ne voivat sisältää klooria. Vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon heikoutena oli myös laitteen rakenteesta johtuva epähermeettisyys. Tehokkaiden pesulaitteiden ja -koneiden käytöstä saattoi aiheutua epähygieenisiä tilanteita, kun esimerkiksi likaista vettä oli jäänyt laitteen sisärakenteisiin, kuten akku- ja hydraulikkalaatikkoon. Tämänkaltaisia jäämiä voidaan pitää hyvinä kasvualustoina bakteereille. (SELGAL OÜ 2019.) Työterveyslaitoksen (2020) mukaan kloorikaasu vaurioittaa alumiinia ja muita metalleja.

3.3 Käyttäjätöiveet

Tuotekehitys käynnistettiin vuosien varrella saatujen kokemusten ja palautteiden pohjalta. Haastattelut ja palautteiden kerääminen ajoittuvat vuosille 2015-2018. Haastattelukysymyksiä ja vastauksia ei julkaista tässä opinnäytetyössä, sillä ne ovat salassa pidettävää tietoa.

Uudessa laitteessa haluttiin varmistaa, että tuote vastaa käyttäjiensä toiveisiin. Haastatteluissa käyttäjien toiveissa päällimmäisiksi nousivat seuraavat asiat. Käyttäjien mielestä olisi tärkeää, että laitteen neljä pyörää olisivat jatkuvassa kosketuksessa lattiaan tai pintaan riippumatta siitä, onko pinta epätasainen vai sileä. Käyttäjän näkökulmasta tämä merkitsee sitä, että kulkusuunta pysyy tällä tavalla paremmin hallinnassa. Kun kulkusuuntaa pystytään hallitsemaan, välttyy käyttäjäkin ikäviltä yllätyksiltä käyttötilanteissa.

Käyttäjätöiveiden mukaan laitteen rungon haluttiin olevan vääntävä mutta samalla vankka. Laitteen puhdistuksen osalta toivottiin tehokkaammankin puhdistuksen kestäväää laitetta, jota voidaan pestä muun muassa vahvoilla puhdistusaineilla. Edellä mainittujen käyttäjätöiveiden lisäksi suunnittelutyössä tavoiteltiin nosto- ja -siirtolaitteen helppoa huoltoa ja kokoonpanoa, joka mahdollistaisi laitteen siirron tai toimituksen osina. Vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon suunnittelussa pyrittiin huomioimaan laitteen loppukäyttäjät, heidän tarpeensa sekä vaatimuksensa.

4 SUUNNITTELU TYÖ

4.1 Suunnittelukysymykset

Työssä etsittiin ratkaisuja tiettyihin ongelmiin, mukaan lukien laitteen runkorakenne ja sen puhdistuskyky. Tätä opinnäytetyötä tehtäessä ensimmäisenä suunnittelukysymyksenä pidettiin sitä, kuinka rungolle voidaan taata hermeettisyys niin, ettei pesun yhteydessä laitteesta irtoavaa ja veteen liukenevaa likaa pääsisi rungon sisärakenteisiin. Näin voitaisiin välttää bakteerikasvualustojen syntymisen ja varmistaa sähkökomponenttien pidempi käyttöikä.

Toiseksi suunnittelukysymykseksi valittiin se, kuinka rungolle saataisiin suurempi varmuuskerroin. Tehtiin oletus, että vaihtamalla rungon valmistusmateriaalia voitaisiin parantaa rungon vääntävyyttä ja vahvistaa sen varmuuskerrointa. Tämä oletus tehtiin perustuen tietoon, että alumiini väsy muuttuvan kuormituksen vuoksi (Mäenmä, 2019).

4.2 Suunnittelutyön vaiheet

Suunnittelutyö aloitettiin keräämällä toiveita ja mielipiteitä käytössä olleesta laitteesta laitteen loppukäyttäjiltä. Sitten määriteltiin suunnittelukysymykset. Työtä jatkettiin etsimällä konkreettisia ratkaisuja kehittämistyön ongelmiin ja kokoonpanemalla prototyyppi. Kun prototyypin puutteet saatiin korjattua, päivitettiin piirustukset nollasarjan valmistamista varten. Lopuksi valmistettiin nollasarja sekä koepestiin kehitetty vainajanosto- ja -siirtolaitetta mahdollisimman hyvin todellisia käyttötilanteita vastaavilla pesuvälineillä.

Uuden laitteen suunnittelussa ja toteuttamisessa otettiin päämääräksi tuottaa mahdollisimman käyttäjäystävällinen, helppokäyttöinen, pitkään kestävä ja toimiva nostolaite, jossa on huomioitu myös esteettisyys. Suunnittelutyön ratkaisu suunniteltiin SolidWorks-mallinnusohjelmalla. Nostolaitteen rungon lujuusominaisuudet tarkistettiin ANSYS-ohjelmalla. Simuloinnissa ei löytynyt viitteitä heikoista alueista. Nosto- ja siirtolaitteesta saatiin mielekäs, helppokäyttöinen ja standardinmukainen.

4.3 Runkomateriaalin valinta

Laitteen rungon alkuperäinen valmistusmateriaali oli merialumiini. Uuden nosto- ja siirtolaitteen rungon materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs (taulukko 1). AISI 316:n korroosionkestävyys ja mekaaniset ominaisuudet ovat hyvät. AISI 316:n mekaaniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 2. Taulukossa 1 esitettyjen materiaalivevaihtoehtojen valintaan vaikuttivat niiden saatavuus ja muoto toimitushetkellä. Taulukossa 1 esitetyt kriteerit valittiin arvioimaan lopullisen tuotteen valmistusaikaa ja hintaa.

Edellä mainittujen perustelujen lisäksi pidettiin tärkeänä muuttaa laite käytännöllisemmäksi. Käytännöllisyydellä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä vainajanosto- ja -siirtolaitteen tehokasta ohjattavuutta ja helppoa pestävyyttä. Vainajanosto- ja -siirtolaitteen helppoa pestävyyttä pidetään erityisen tärkeänä ominaisuutena muun muassa patologiaosastoilla. (SELGAL OÜ, 2019.)

TAULUKKO 1. Materiaalinvalintataulukko (SELGAL OÜ, 2018)

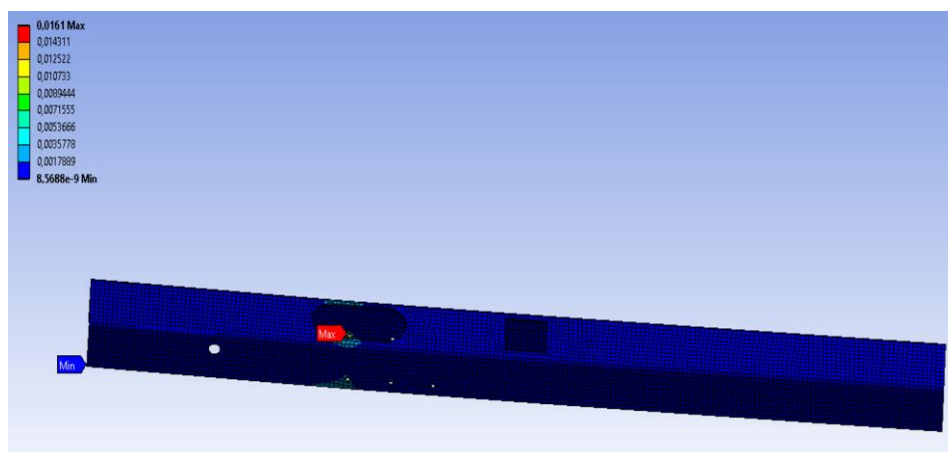
Painoarvo	Puu	Muovi	Ruostumaton-teräs	Alumiini	Rakenneteräs
30	+Hinta	+Hinta	-Hinta	+Hinta	+Hinta
20	+Kevyt	+Kevyt	-Painava	+Kevyt	-Painava
50	+Työstö	+Työstö	- Työstö	+Työstö	+Työstö
80	-Kestävyys	-Kestävyys	+Kestävyys	-Kestävyys	+Kestävyys
20	- Ulkonäkö	- Ulkonäkö	+ Ulkonäkö	+Ulkonäkö	- Ulkonäkö
70	-Jäykkyys	-Jäykkyys	+Jäykkyys	-Jäykkyys	+Jäykkyys
70	-Hapettuminen	+Hapettuminen	+Hapettuminen	-Hapettuminen	-Hapettuminen
80	-Pestävyys	-Pestävyys	+Pestävyys	-Pestävyys	-Pestävyys
	+3 kappaletta	+4 kappaletta	+5 kappaletta	+4 kappaletta	+4 kappaletta

Alumiini kestää heikosti kulumista. Se voi myös reagoida muiden aineiden kanssa, mikä pahimmassa tapauksessa tarkoittaa sen altistumista korroosiolle. Tämän seurauksena alumiinituotteiden käyttöarvo laskee ja syntyy ylimääräisiä kustannuksia. (Nikkola, Mahlberg, Siivinen, Pahkala, Lahtinen & Mahiout 2008, 3.)

Ruostumattoman teräksen laadut tuotenimiltään AISI 316 ja 316L ovat suosittuja haponkestäviä teräksiä, jotka muistuttavat ominaisuuksiltaan ruostumatonta terästä (Latvala 2011, 24). Ruostumattomat teräkset tunnetaan korroosionkestävyydestään (Latvala 2011, 21). AISI 316:n mekaaniset ominaisuudet mainitaan Laskelmat-luvussa.

4.4 Laskelmat

Nosto- ja siirtolaitteen rungon se alue, johon käytössä kohdistuisivat suurimmat kuormitukset, selvitettiin ja tarkasteltiin käyttämällä lujuusopin peruskaavoja. Suurimman kuormituksen alue, joka löydettiin käyttämällä ANSYS-ohjelmaa, täysin täsmää käsin laskettujen laskelmien kanssa. Kuvassa 3 näkyy punaisen nuolen kärjessä sijaitseva suurin rasitus. Laskelmissa käytettiin AISI316:n mekaanisia ominaisuuksia taulukon 2 mukaisesti.



KUVA 3. Nostolaitteen runko tarkasteltavana ANSYS-ohjelmalla

Laskelmat tehtiin Tekniikan kaavaston (Mäkelä, Soininen, Tuomola, & Öistämö 2014, 144, 149) ja MAOL taulukkokirjan (Seppänen, Mannila, Kervinen, Parkkila, Konttinen, Karkela & Yli-Kokko 2013, 26, 127) kaavojen avulla. Koska laitteessa käytetyn teleskooppisen sylinterin isomman männän halkaisija on vain 45 mm (tämän työn liite 2), voidaan sen männän pinta-ala laskea kaavalla (1)

$$A = \pi r^2. \quad (1)$$

Kaavassa (1) A on teleskooppisen sylinterin isomman männän pinta-ala ja r on kyseisen isomman männän säde. Kun teleskooppisen sylinterin isomman männän pinta-ala on tiedossa, voidaan kaavan (2) avulla laskea sylinterin aiheuttama männän liikkeen suuntainen voima. Kaavassa (2) P on sylinterissä oleva paine, F on paineen aiheuttava voima ja A on teleskooppisen sylinterin isomman männän pinta-ala:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \quad (2)$$

$$F = P\pi r^2.$$

U-palkin taivutusvastus voidaan laskea kaavasta (3),

$$I_z = \frac{bh^3}{12}, \quad (3)$$

koska isompien voimien rasituksen alla oleva rungon alue on sekä alhaalta että päältä avoinna. Laskelmassa on otettava huomioon vain rungon kyljet. Kaavassa (3) I_z on taivutusvastus, b on kylkien paksuus yhteenlaskettuna ja h on tämän rungon sivujen korkeus.

Sylinterissä esiintyvä maksimaalinen hydraulinen paine on 15 MPa. Tämä on maksimaalinen paine, jonka hydraulikkapumppu voi saavuttaa ennen kuin ylipaineventtiili avautuu. Teleskooppisen sylinterin isomman männän halkaisija liitteen 2 mukaan on 45 mm. Edellä mainittujen arvojen pohjalta voidaan laskea sylinterin aiheuttama voima nosto- ja siirtolaitteen runkoon käyttämällä kaava (2):

$$F = 15000000 \text{ Pa} * \pi * (0,0225 \text{ m})^2$$

$$F = 23856 \text{ N}.$$

Koska sylinteri on vaakatasoon nähden 30° kulmassa, joudutaan purkamaan voima F x- ja y- akselin suuntaisiin komponentteihin. Lasketaan pelkästään y-suuntainen komponentti, koska x-suuntainen voima komponentti ei aiheuta rungossa taipumista eikä myöskään leikkausvoimia.

Y-akselin suuntainen voimakomponentti saadaan kertomalla voima F sylinterin kallistuskulman sinillä. Kaavassa (4) F_y on sylinterissä sijaitsevan paineen aiheuttaman voiman y-suuntainen voima komponentti, joka aiheuttaa leikkausvoimat ja taivutusmomentin:

$$F_y = \sin(\alpha) F. \quad (4)$$

Laitteen runkoon vaikuttavaksi y-akselin suuntaiseksi voimaksi saadaan kaavalla (4):

$$F_y = \sin(30^\circ) * 23856 \text{ N}$$

$$F_y = 11,9 \text{ kN}.$$

Nostolaitteen runkoa kuormitetaan useammasta pisteestä. Nostolaitteen nostopuomi on kiinnitetty akselivälityksellä pisteeseen A_y . Lasketaan voima nostolaitteen rungolla pisteessä A_y kaavalla (5),

$$\Sigma F_y = 0 \quad (5)$$

jossa ΣF_y on kaikki y-suuntaiset voimakomponentit yhteenlaskettuna. Kaavan (5) mukaan kaikkien y-suuntaisten komponenttien on oltava yhteenlaskettuna 0. Y-suuntaiseksi voimaksi pisteessä A saadaan kaavalla (5)

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 ; F_{A_y} - 11,9 \text{ kN} + 2,27 \text{ kN} + 1,6 \text{ kN} = 0$$

$$F_{A_y} = 11,9 \text{ kN} - 2,27 \text{ kN} - 1,6 \text{ kN}$$

$$F_{A_y} = 8,03 \text{ kN}.$$

Seuraavaksi tarkastellaan voiman momenttia rungon kriittisessä pisteessä.

Tässä tapauksessa kriittinen piste sijaitsee sylinterin alakannakkeen kiinnityksen kohdalla. Koska kaavalla (4) laskettu y-suuntainen voima on kaikista isoin, rungon isoimman kuormituksen alue voidaan määritellä sen perusteella käyttämällä kaavaa (5). Kaavassa (5) momentin positiivinen suunta on osoitettu nuolella. Kaavassa (5) M on momentti.

$$+\circlearrowleft \Sigma M_y = 0 \quad (6)$$

$$M_s - 8,03 \text{ kN} * 0,4 \text{ m} = 0$$

$$M_s = 8,03 \text{ kN} * 0,4 \text{ m}$$

$$M_1 = 3,212 \text{ kN}.$$

Lasketaan rungon taivutusvastus kaavalla (3):

$$W_z = \frac{8 \text{ mm} * (104 \text{ mm})^2}{6}$$

$$W_z = 14421,3 \text{ mm}^3$$

Lasketaan rungon varmuuskerroin jakamalla sallittu maksimijännitys rungossa esiintyvällä maksimijännityksellä. AISI 316L:n sallittu maksimijännitys on 250 MPa (taulukko 2).

$$\sigma_{tod} = \frac{3212000 \text{ Nmm}}{14421,3 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{tod} = 222,726 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} \approx 223 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{223 \text{ MPa}}$$

$$n = 1,1.$$

Varmuuskerroin on murtolujuuteen nähden 2,7- kertainen. Nosto- ja siirtolaitteen rungon varmuuskerroin kasvaa, kun hydraulikka- ja sähkölaatikko kiinnitetään ruuviliitoksilla vainajanosto- ja -siirtolaitteen uuteen runkoon. Tätä lopullista varmuuslukua ei esitetä tässä oppinäytetyössä, koska hydraulikka- ja sähkölaatikkoa ei käsitellä tässä työssä.

TAULUKKO 2. AISI 316L:n mekaaniset ominaisuudet (Polarputki Oy 9/2016)

	EN 1.4301 / 1.4307 AISI 304 / 304L	EN 1.4404 AISI 316L
Rakenne		
Arvot		
Myötölujuus $R_{p0,2}$ [N/mm ²] (min.)	270 / 240	250
Murtolujuus $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	600 / 570	600
Murtovenymä % A_5	50 / 55	48
Arvot		
Kimmokerroin 20 °C:ssa [kN/mm]	200	200
Lämpölaajenemiskerroin alueella 20–100 °C	16	16
Lämmönjohtokyky 20 °C:ssa [W/mxK]	15	15
Magneettinen	EI	EI

5 UUDEN NOSTO- JA SIIRTOLAITTEEN RUNGON TUOTEKEHITYS

5.1 Tuotekehitys

Tuotekehityksessä tavoitellaan joko uuden tai parannetun tuotteen saavuttamista. Jo olemassa olevaan tuotteeseen voidaan kehittää edelleen uusia teknisiä ominaisuuksia tai optimoida sen valmistuskustannuksia. (Jokinen 2010, 9-10.) ”Tuotteen (tai palvelun) elinkaaren tyypillisiä vaiheita ovat raaka-aineiden hankinta, suunnittelu, tuotanto, kuljetus tai toimitus, käyttö, loppukäsittely ja loppusijoitus” (SFS-EN ISO 14001 2015, 31). Elinkaariarviointia on mahdollista suorittaa esimerkiksi seuraamalla tarkasti organisaation hallittavissa olevia elinkaaren vaiheita (SFS-EN ISO 14001 2015, 31).

Tuotesuunnittelussa elinkaariajattelun kohdalla on nähtävissä nouseva ilmiö. Elinkaaren loppustrategioiden kuten uudelleenkäytön, uudelleenvalmistuksen ja kierrätyksen avulla halutaan mahdollistaa tuotteille monta elinkaarta. Näin voidaan vaikuttaa myönteisesti moneen asiaan, esimerkiksi jätteen määrään, resurssien käyttöön valmistuksessa ja liiketoiminnan kestävyYTEEN. (Kallio 2018, 10).

Tässä suunnittelutyössä uuden tuotteen osat ovat helposti ja nopeasti lajiteltavissa kierrätystä varten ja sen komponentit soveltuvat uudelleenkäytettäväksi. Suunnittelun alkuvaiheessa päätettiin käyttää alumiinin sijaan ruostumatonta terästä, jotta pystyttäisiin pidentämään tuotteen käyttöikää.

5.2 Käyttäjäkeskeinen suunnitteluprosessi

Kun puhutaan tuotekehitysprosessista, jonka lähtökohtana pidetään tuotteen käyttäjiä, viitataan muun muassa käyttäjäkeskeisten suunnittelumenetelmien periaatteisiin. Kuikka (2015,12) nostaa esiin, että käyttäjäkeskeisellä suunnittelulla tarkoitetaan ihmislähtöistä tuotteen tai palvelun suunnittelua, jossa käyttäjät osallistuvat kehitysprosessiin. Hänen mukaansa loppukäyttäjältä saatu tieto edistää tuotteiden kehittämistä (Kuikka 2015,12).

Savioja (2003, 21) huomauttaa, että käyttäjäkeskeisen suunnittelun elementtejä on mahdollista soveltaa tuotekehitysprosessin eri vaiheisiin, kuten testaus- ja alkuvaiheeseen. Savioja (2016, 21) lisää, että olemassa olevien keräysmenetelmien avulla voidaan kartoittaa käyttäjiä ja heidän tarpeitansa, jotta saadaan hyödyllistä käyttäjätietoa. Hänen mukaansa käyttäjäkeskeisessä suunnittelussa haetaan tuotteille parempia käytettävyyssominaisuuksia (Savioja 2016, 13).

Kuikan (2015, 13-14) mukaan käyttäjäkeskeinen suunnittelu pohjautuu tiettyyn periaatteeseen. Hän tulkitsee onnistunutta käyttäjäkeskeistä suunnittelua siten, että suunnittelijoilla on riittävä tuntemus muun muassa tuotteen tai palvelun käyttäjästä, heidän tarpeistaan sekä käyttäjien käyttökontekstista. Myös loppukäyttäjillä on tärkeä asema, sillä he toimivat myös tiedonlähteinä ja palautteen antajina. Itse iteratiivisessa suunnitteluprosessissa, jota johtaa osaava suunnittelutiimi ja asiantuntijat, huomioidaan myös käyttäjäkokemus sekä tiimin sisällä tapahtuva ideointi ja vuorovaikutus. (Kuikka 2015, 13-14.)

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin soveltamaan muutamia käyttäjäkeskeisen suunnittelun elementtejä. Rungon suunnittelu käynnistettiin loppukäyttäjien toiveista. Käyttöympäristö ja laitteen käyttökonteksti on ollut tuttu suunnittelijalle hänen aikaisemman työkokemuksensa kautta, joten suunnittelussa huomioitiin kaikki oleelliset käyttäjätiedot.

Suunnitteluprosessista käyttäjäkeskeisen teki myös se, että suunnitteluratkaisut räätälöitiin käyttäjien tarpeiden mukaan kunnioittaen käyttäjäytyytyvää vaikutusta. Toisaalta lähes kaikista suunnittelun vaiheista puuttuu loppukäyttäjien aktiivinen vaikutus. Koska käyttäjät ja heidän vaikutusmahdollisuutensa suunnitteluprosessissa eivät olleet tällä kertaa kokonaisvaltaisesti suunnittelutyön keskipisteessä, suunnitteluun ei liittynyt jatkuvaa kanssakäymistä laitteen kanssa tekemisissä olevien työntekijöiden kanssa palaverien tai työpajojen muodossa.

Tästä huolimatta suunnittelun ratkaisut ja niiden toteutus tehtiin kuitenkin laitekäyttäjien toiveiden pohjalta. Ennen suunnitteluprosessin alkuvaihetta laitteen todellisilta loppukäyttäjiltä oli saatu käyttökokemuksia vanhasta laitteesta ja heidän näkökulmastaan koskien laitteen heikkoja kohtia. Yksittäisillä haastatteluilla haluttiin korvata laajempi käyttäjä tutkimus.

5.3 Suunnittelutyön haasteet

Suunnittelun aikana huomattiin, että haponkestävän teräksen kustannusten pitäminen kohtuullisina voi osoittautua haastavaksi, sillä sen materiaalin työstö ja leikkaaminen on kallista. SELGAL OÜ:n asettamat tarkkuusvaatimukset, joita eivät kaikki yrityksen käyttämät alihankkijat pystyneet täyttämään, koettiin suurena haasteena. Materiaalin taivuttamisessa voi olla vaikea ennakoida toleranssia tai lopputulosta. Kuvassa 4 esitetään eräs esimerkki siitä, kuinka haastavaa oli toleranssin ja lopputuloksen ennustaminen sekä tarkkuusvaatimuksien täyttäminen.

Kuvassa 4 on esitetty tilanne, jossa liukukiskoissa on korkeusero. Tämä korkeusero siirtyy liukupaloihin, jotka ohjaavat nostomekanismia. Korkeuseron nostoa tehtäessä nostomekanismi kiillautuu kiinni, eikä nostoa voida suorittaa loppuun. Kuvassa 4 liukukiskoissa ollut korkeusero on osoitettu nuolella.



KUVA 4. Liukukiskoissa ollut korkeusero

Kuvassa 4 näkyy jatkokehitetyn nollasarjan LHDL3000-rungon (Light Heavy Duty Lifter 300 kg) pääty liukukiskoineen. Runko ja liukukiskot on valmistettu ruostumattomasta teräslevystä, AISI 316. Kappaleiden valmistamiseen on käytetty CNC-laserleikkuria (Computer Numerical Control) sekä CNC-ohjattua ohutlevysärmäyskonetta. Projektin alihankkijoille ilmoitettiin toleranssivaatimukseksi $\pm 0,3$ mm. Mittauksen tuloksena selvisi, että sallitun toleranssin raja oli ylitetty jopa seitsemänkertaisesti. Nollasarja tilattiin eräältä virolaiselta yritykseltä, jonka nimeä ei mainita tässä opinnäytetyössä. Ilmenneen laatuongelman syitä ei tiedetä.

Uuden alihankkijan etsintöihin tarvittiin lisää aikaa ja resursseja. Koettiin myös hieman epävarmuutta siitä, löytyykö juuri oikea yhteistyökumppani, joka pystyisi noudattamaan valmiiksi annettuja toleranssiarvoja.

Ohutlevykappaleet valmistettiin lopulta tallinnalaisessa yhteistyöyrityksessä. Tällä kertaa alihankkijavalinta tehtiin saatujen suositusten ja tutustumiskäynnin alihankkijayritykseen perusteella. Kyseiseltä alihankkijalta saatiin kilpailukykyiset hintatarjoukset ja ennen kaikkea laadultaan erinomaiset ohutlevytuotteet, joita SELGAL OÜ:ssä käytetään vainajanosto- ja -siirtolaitteiden kokoonpanossa tänäkin päivänä.

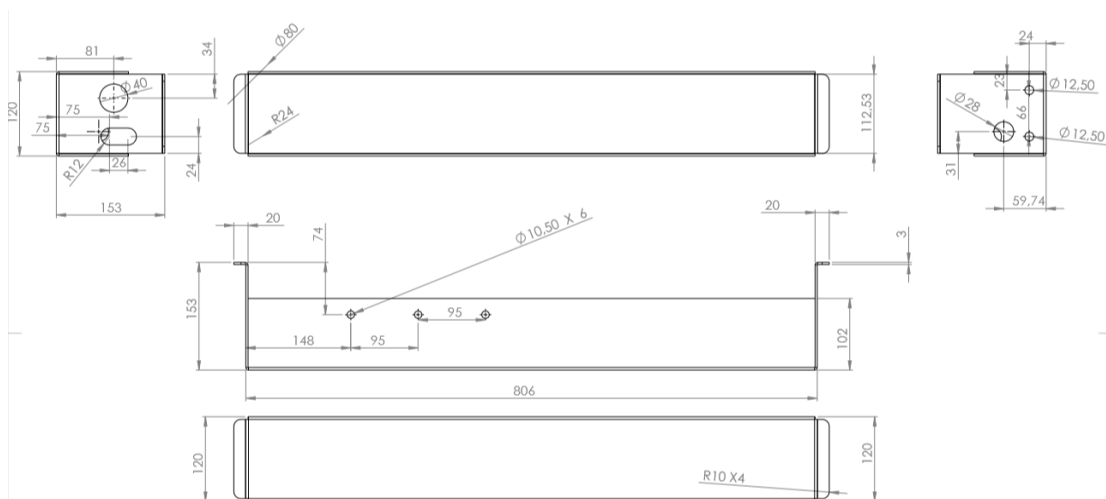
6 MITTAPIIRUSTUSTEN PÄIVITYS

Nosto- ja siirtolaitteen rungon materiaali muutoksen ja rungon muodon muuttamisen yhteydessä päivitettiin SELGAL OÜ:n mittapiirustukset. Alkuperäiseen neliskanttiseen putkenmuotoiseen runkoon verrattuna uusi U-runko edellytti hieman enemmän pulttiliitoksia. Koska U-rungon rakenteessa ei ole pohjatasoa, jouduttiin uuden haasteen eteen.

Vanhassa neliskanttisessa putkenmuotoisessa rungossa monet nostimen osat oli kiinnitetty rungon pohjatasoon. Uuteen runkoon päätettiin lisätä uudet pyörien kiinnitystelineet, hitsattavat päätylevyt, akkulaatikko sekä laatikko, johon kuuluvat kaikki laitteen sähköt ja hydraulikka. Rungon muuttamisen yhteydessä jouduttiin tekemään muutoksia myös työntökahvan kiinnitykseen, kytkentäkaavioihin ja liukukiskoihin sekä suunnittelemaan uudelleen sylinterin kannikkeet.

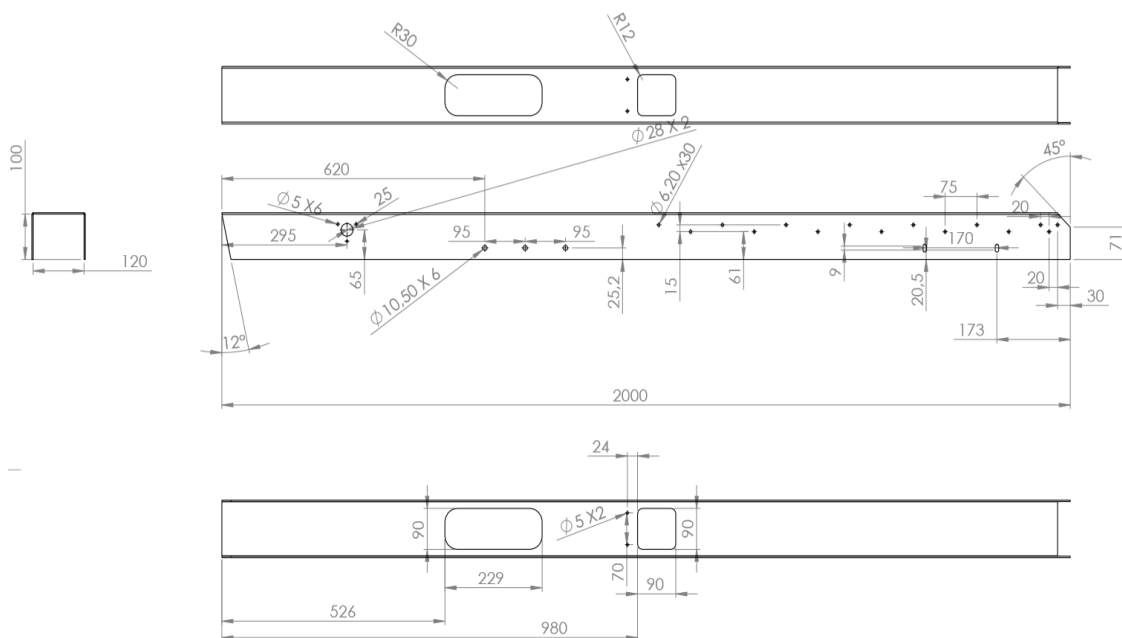
Tarve hankkia lukuisia uusia osia kasvatti tuotekustannuksia. Materiaalin paksuuden valinnat pohjautuivat siihen, että uudelleensuunnitellut komponentit joutuvat ottamaan vastaan suuria rasituksia. Vain lopulliset piirustukset löytyvät tästä työstä suurimman osan päivitetystä piirustuksista ollessa luottamuksellista tietoa.

Sähkö- ja hydraulikkalaatikon 2D-mittapiirustus on esitetty kuvassa 5. Suunnittelutyössä pyrittiin kehittämään mahdollisimman lyhyt laatikko johtuen neljästä syystä: materiaalin määrä, laserin työstö- ja leikkausaika, paino sekä väli kyseisen laatikon ja akkulaatikon välissä. Sähkö- ja hydraulikkalaatikon ja akkulaatikon välissä olevan välin olemassaolosta riippuu rungon vääntyvyys ja vainajanosto- ja -siirtolaitteen ohjattavuus. Prototyypissä kyseinen väli oli lähes olematon, mikä heijastui rungon huonoon vääntyvyyteen. Yllä kuvatun havainnon perusteella todettiin, että prototyypin ohjattavuus epätasaisella lattialla oli melkein yhtä huono kuin lähtötilanteen mukaisessa vainajanosto- ja -siirtolaitteessa.

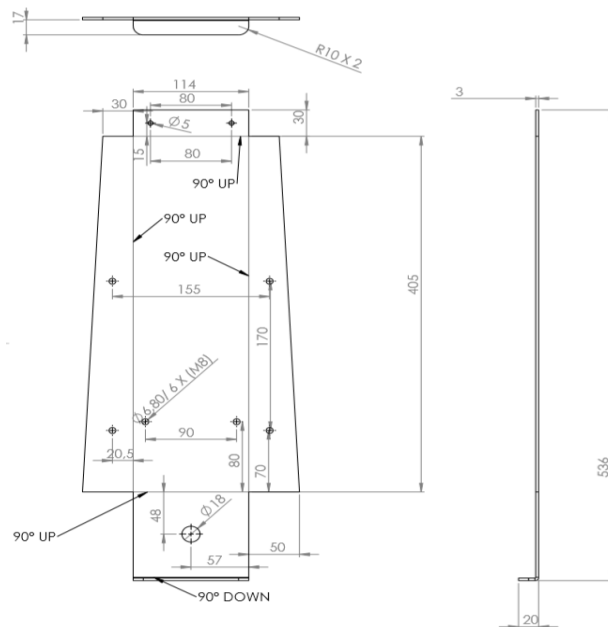


KUVA 5. Sähkö -ja hydraulikkaaatikon 2D-mittapiirustus (SELGAL OÜ, 2019)

Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty tämän opinnäytetyön kehityksen kohteena ollut U-runko. U-runko ei taivu, mutta siitä huolimatta sen vääntävyysominaisuudet ovat hyvät.



KUVA 6. 2D-piirustus nosto- ja -siirtolaitteeseen kehitetystä U-rungosta (SELGAL OÜ, 2019)



KUVA 7. 2D-piirustus akkulaatikosta (SELGAL OÜ, 2019)

Kuvassa 7 esitetyn akkulaatikon ruuvinreikien sijainnin valinnassa otettiin huomioon akkujen koot ja varmistettiin, etteivät ruuvit osu akkuihin. Akkulaatikon toisena tarkoituksena on, että se toimii uudessa laitteessa etupyörien telineen kiinnityskohtana. Akkulaatikon kokoonpano suoritetaan tietyssä järjestyksessä. Tämän vainajanosto- ja -siirtolaitteen kokoonpanoprosessi on monivaiheinen ja sen tarkemmat yksityiskohdat ovat salassa pidettävää tietoa.

7 SUNNITTELUTYÖN TUOTOS

Kun alkuperäisen vainajanosto- ja -siirtolaitteen rungon materiaali vaihdettiin, uuden laitteen hinta nousi. Toisaalta rungon muoto saatiin hermeettisemmäksi, minkä ansiosta kokoonpano on nykyään nopeampaa ja pesu tehokkaampaa lähtötilanteeseen verrattuna. Kokoonpanoaika lyheni lähes kolmanneksella, mikä puolestaan vaikutti myönteisesti kustannusten hallintaan ja läpimenoaikaan. Työssä saavutettiin odotusten mukainen varmuuskerroin. Saavutettu varmuuskerroin on 1,1. Kustannuksia, kokoonpanon ja pesun tehokkuutta ei ole käsitelty tässä työssä tarkemmin, koska se on luottamuksellista tietoa.

Alkuperäisen nosto- ja siirtolaitteen teknisiä ominaisuuksia parannettiin muun muassa tekemällä rungosta U-muotoinen. Kaikki mahdolliset liitokset toteutettiin pulttiliitoksina, jotta pyörät pystyisivät helpommin seuramaan lattian epätasaisuuksia. Käyttötilanteissa kyseiset lattian epätasaisuudet voivat olla esimerkiksi käyttötilojen lattian kallistus kohti lattiankaivoa.

Kuvassa 8 esitetään vainajanosto- ja -siirtolaitteen U-muotoinen runko. Tämä lopullinen ratkaisu valittiin esitettäväksi Estola & Co Ky:lle.



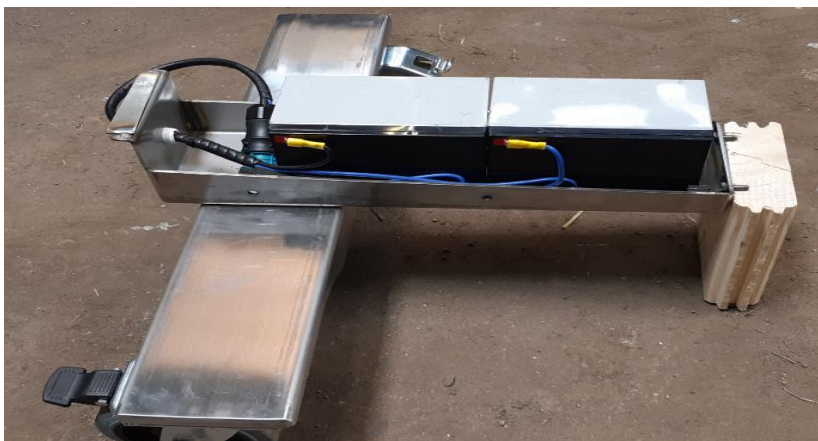
Kuva 8. U-muotoinen runko

Kuvassa 9 nähdään hydraulikka-/sähkölaatikko, joka on valmistettu 3 mm:n ruostumattomasta teräksestä. Hydraulikka-/sähkölaatikon materiaalin paksuus viittaa siihen, että se tulee pulttiliitoksilla osaksi laitteen runkoa. Tässä ratkaisussa on huomioitu myös mahdolliset korjaustyöt. Kyseinen hydraulikka-/sähkölaatikko on helposti vaihdettavissa uuteen moduuliin ilman vianhakua tai vian paikallistamista. Ratkaisua pidettiin sopivana myös siksi, ettei se edellytä laitteen pitkiä seisona-aikoja.



Kuva 9. Hydraulikka- ja sähkölaatikko uudessa nosto- ja siirtolaitteessa

Kuvassa 10 esitetään vainajanosto- ja -siirtolaitteen akkulaatikko akkuineen. Akkujen koko on määritelty U-rungon sisämittojen pohjalta. Kuvassa 10 olevan akkulaatikon materiaali on paksuudeltaan 3 mm, jotta materiaaliin pystyttäisiin tekemään kierteitä. Kierteitä tarvitaan, jotta kyseinen akkulaatikko voitaisiin kiinnittää pulttiliitoksilla uuteen U-runkoon.



Kuva 10. Akkulaatikko ja etuakseli

Suunnittelutyön tuotoksena on huoltovapaa ja käyttömukava vainajanosto- ja -siirtolaite, jolla on hyvä nostokapasiteetti (yli 300 kg). Laitteen liukupalojen materiaali on itsevoitelevaa muovia. Uutta laitetta voidaan sanoa huoltovapaaksi, sillä laitetta ei tarvitse öljytä säännöllisin väliajoin. Tässä opinnäytetyössä käyttömukavuus määritellään laitteen ohjattavuuden perusteella. Uudessa laitteessa on ergonomiaa parantavia elementtejä esimerkiksi pedaalien sijainti jalkakäyttöisessä versiossa, työntökahvan korkeussäätö ja kätisyyden vaihtomahdollisuus kummassakin versiossa. (SELGAL OÜ 2019.)

Kuvassa 11 on esitelty kolme vainajanosto- ja -siirtolaitetta, joista kaksi etumaista ovat akkukäyttöisiä nostolaitteita. Jalkakäyttöinen vainajanosto- ja -siirtolaite on kuvassa taaimmaisena. Tässä opinnäytetyössä kehitetty runko on korvannut sekä akku- että jalkakäyttöisen vainajanosto- ja -siirtolaitteen alkuperäisen rungon. Kuvassa 11 tämän suunnittelutyön tuotos on osoitettu nuolella.



KUVA 11. Vainajanosto- ja -siirtolaite kehityksen jälkeen

8 POHDINTA

8.1 Tuotekehitysprojektin tuotos

Työn tavoitteena oli suunnitella uudelleen vainajanosto- ja -siirtolaitteen runko, helpottaa laitteen pesua ja parantaa rungon muotoilun lisäksi laitteen kestävyyttä. Tuotekehitysprojektin tavoitteena oli uusi runko, joka soveltuu akkukäyttöisiin vainajanosto- ja -siirtolaitteisiin. Kehittämistyön päätyttyä uudella rungolla varustetut tuotteet on otettu työn teettäneessä yrityksessä tuotantoon. Työ tehtiin käyttäjälähtöisesti. Tuotteet ovat olleet tuotannossa ja niiden saama palaute on ollut hyvä. Uudet tuotteet ovat saaneet hyvän vastaanoton myös käyttäjiltä. Alkuperäiset vainajanosto- ja -siirtolaitteet on kokonaan korvattu näillä uusilla laitteilla. Alkuperäisen alumiinirungolla varustetun vainajanosto- ja -siirtolaitteen valmistus lopetettiin vuonna 2018.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin onnistuneesti, ja kehitysratkaisu on saanut positiivisen vastaanoton laitteen loppukäyttäjiltä. Onnistumista voidaan perustella muun muassa kehitetyn rungon ominaisuuksilla: Pyörät pysyvät lattialla riippumatta lattian suoruudesta, jolloin laitteen ohjaus pysyy hyvin hallinnassa. Rungon muoto nopeuttaa laitteen kokoonpanoprosessia suunnilleen neljänneksellä. Lisäarvoa tuotteelle antaa se, että rikkiäisiä varaosia voidaan vaihtaa yksikköinä tai moduuleina, mikä puolestaan vähentää laitteen seisonta-aikaa. Suhteellisen lyhyttä seisonta-aikaa pidetään vainajanosto- ja -siirtolaitteiden käyttökonteksteissa tärkeänä kriteerinä, sillä tämän alan palveluketjun vaiheet ovat tarkkaan aikataulutetut.

Suunnittelutyössä päällimmäiseksi kysymykseksi muodostuivat särmäysprosessiin liittyvät haasteet ja etenkin se, kuinka hyvin ne pystytään ratkaisemaan. Haaste onnistuttiin ratkaisemaan vaihtamalla alihankkijaa. Toiseksi haastavin osuus oli kustannusten pitäminen kurissa, koska kyseessä oli edelliseen runkomateriaaliin verrattuna kalliimpi materiaali. Tämä haaste onnistuttiin ratkaisemaan rungon muodon ansiosta johtuvalla nopeutetulla kokoonpanolla.

Suunnittelutyön aikana olennaisena haasteena koettiin erityisesti valittuun materiaaliin liittyvät kysymykset. Työn haasteena pidettiin myös budjetointia, kustannusten hallitsemista ja aikatauluissa pysymistä. Suuri haaste havaittiin myös alihankkijoiden osaamista ja työjälkeä koskevilla kysymyksillä, joihin ei osattu varautua riittävän hyvin. Vaikka tätä osattiinkin pitää todennäköisenä asiana, niin silti tämän haasteen suuruutta ja alihankkijoiden työjälkeä ei voitu ennakoida yhtä hyvin kuin muita edellä mainittuja haasteita. Nämä haasteet hidastivat kehitysprosessin kulkua.

Tämän opinnäytetyön käytännön osuudessa pystyttiin hyödyntämään elinkaariajattelua. Elinkaaren huomiointi näkyi suunnittelutyössä materiaalien valintana. Työssä onnistuttiin luomaan tuote, jonka valmistuksessa käytetyt materiaalit ja laitteen osat voidaan kunnon mukaan käyttää uudelleen tai kierrättää.

Käyttäjäkeskeinen suunnittelumenetelmä näkyy lopputyössä vain osittain, sillä opinnäytetyön tuotos toteutettiin itsenäisesti ilman laitteen loppukäyttäjien varsinaista osallistumista suunnittelutyöhön. Toisaalta käyttäjähaastatteluissa kuultiin toiveita, jotka olivat osittain ristiriitaisia. Osin tämä johtuu siitä, että laitteen käyttäjä, hänen käyttötottumuksensa ja käyttökontekstit ovat toisiinsa tiivisti sidoksissa, ja siksi käyttökokemukset vaihtelevatkin käyttäjästä toiseen.

Toiveiden ristiriitaisesta luonteesta aiheutui suunnittelijalle tilanne, jossa jouduttiin etsimään kultaista keskitietä. Tässä opinnäytetyössä suunnittelijan työtä ohjattiin siis käyttäjien antamien toiveiden pohjalta. Käyttäjien toiveet analysoitiin tarkkaan ja selkeytettiin. Suunnittelutyön edetessä syntyneitä keskivertaisia toiveita pyrittiin toteuttamaan.

Suunnittelutyön tuloksena syntynyt prototyyppi lähetettiin käyttäjille kokeiltavaksi, ja käyttäjäpalaute uuden laitteen toimivuudesta sekä sen hyödyllisyydestä on ollut toistaiseksi positiivista. Näin olleen uuden laitteen suunnitteluratkaisut ovat käyttäjien toiveiden sekä nykytarpeiden mukaisia, eikä siksi ei ole tarvetta toistaa jotain suunnitteluprosessin vaihetta. Opinnäytetyön olennainen saavutus on siinä, että tuotekehityksen tuloksena on saatu luotettava runko loppukäyttäjien ehdotuksia ja toiveita kuunnellen ja kunnioittaen. Uusi vainajanosto- ja -siirtolaite on käyttömukava ja muotoilultaan sekä teknisiltä yksityiskohdiltaan esteettinen.

8.2 Jatkokehityksen näkymät

Tämän opinnäytetyön toteuttamisen perusteella voidaan sanoa, että kehitetyssä laitteessa on riittävästi potentiaalia jatkokehitystä varten. Nostolaitteeseen voitaisiin suunnitella kippaava työtaso sekä asentaa elektroninen vaakapääte (vaakalaite), jolla voitaisiin tarvittaessa punnita kuorman painoa. Tällöin voitaisiin nopeuttaa nostopöydän työtason pesua.

Nostolaitteesta voitaisiin valmistaa myös itseliikkuva versio helpottamaan laitteen siirtämistä käyttöpaikasta toiseen. Tätä ominaisuutta voidaan pitää tärkeänä käyttötilanteissa, joissa laitteella halutaan siirtää isompaa, yli 300 kiloa painavaa kuormaa välimatkojen ollessa pitkiä. Tällöin pystytään vähentämään työn fyysisiä kuormitustekijöitä ja hieman helpottamaan nostolaitteen loppukäyttäjän työtä.

Suunnittelutyön loppuvaiheessa arvioitiin, että opinnäytetyössä kehitettyä nosto- ja siirtolaitetta voitaisiin soveltaa elintarviketeollisuuden käytössä muun muassa siirrettävänä työtasona tai nostopöytänä. Tässä työssä kehitetyn nosto- ja siirtolaitteen sovellusmahdollisuuksia nostaa erityisesti kehitetyn tuotteen materiaali, joka on elintarviketeollisuuden vaatimusten mukainen. Uusi nosto- ja siirtolaite on konepestävä, mikä myös tekee siitä tähän käyttöön soveltuvan.

LÄHTEET

ESTOLA & CO. Luettu 9.4.2020. <https://estolaco.com/en/estola-co/>

Jokinen, T. 2011. Tuotekehitys. Aalto-yliopisto. Teknillinen korkeakoulu. Elektroninen julkaisu. Luettu: 7.4.2020. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Kallio, T. 2018. Uudelleenvalmistuksen huomioiminen suunnittelussa. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö

Kuikka, H. 2015. Käyttäjakeskeisen suunnittelun eri menetelmien soveltuvuus ikäihmisille kehitettävien mobiilisovellusten suunnitteluun Case: COM'ON. Laurea-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Latvala, T. 2011. Sakkakirjasto: korroosiokokeet. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Seppänen, R., Mannila, L., Kervinen, M., Parkkila, I., Konttinen, P., Karkela, L., Yli-Kokko, T. 2013. MAOL-taulukot — Matematiikka, fysiikka, kemia. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 1. painos.

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2014. Tekniikan kaavasto. Matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. Porvoo: Bookwell Oy. 13. painos.

Nedal Aluminium. ALLOY DATA SHEET EN-AW 6060 [AlMgSi] (Type: General extrusion alloy). February 2018. Rev. 02. Luettu 24.5.2020 <https://www.nedal.com/quality/alloys>

Nikkola, J., Mahlberg, R., Siivinen, J., Pakkala, A., Lahtinen, R. & Mahiout, A. 2008. Alumiinin pintaominaisuudet ja pintakäsittelyt. VTT Tiedotteita – Research Notes 2431.

Polarputki Oy. 9/2016. FERRIITTISET RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET. Mekaaniset ominaisuudet. Esite. Luettu 9.4.2020. <https://docplayer.fi/6490344-Ferriittiset-ruostumattomat-terakset-www-polarputki-fi.html>

Savioja, P. 2003. Käyttäjakeskeiset menetelmät monimutkaisten järjestelmien vaatimusten kuvaamisessa. VTT Tuotteet ja tuotanto. VTT Tiedotteita – Research Notes 2216. Espoo: Otamedia Oy

SELGAL OÜ. 2018-2019. Yrityskohtainen tiedonanto

SFS-EN ISO 14001. 2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 11.5.2020. Vaatii käyttöoikeuden.

SFS-EN 1570-1:2011 + A1:2014. 2014. Nostopöytiä koskevat turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Nostopöydät, joilla on enintään kaksi kiinteää pysähdystasoa.

Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 11.5.2020. Vaatii käyttöi-
keuden.

Mäennenä, J. Uusi tapa tehdä polkupyöriä teräksestä – Tällaisia ovat saksalaisen
ThyssenKruppin Steelworks-pyörät, jotka ovat jo myynnissä. 3.12.2019. Tekni-
kan Maailma. Luettu 11.5.2020. [https://tekniikanmaailma.fi/uusi-tapa-tehda-pol-
kupyoria-teraksesta-tallaisia-ovat-saksalaisen-thyssenkruppin-steelworks-py-
orat-jotka-ovat-jo-myyynnissa/](https://tekniikanmaailma.fi/uusi-tapa-tehda-pol-kupyoria-teraksesta-tallaisia-ovat-saksalaisen-thyssenkruppin-steelworks-py-orat-jotka-ovat-jo-myyynnissa/)

Työterveyslaitos. 2020. OVA-ohje: KLOORI. Luettu 3.5.2020.
<https://www.ttl.fi/ova/kloori.html>

LIITTEET

Liite 1. Alumiinirungon materiaalin mekaaniset ominaisuudet (Nedal Aluminium)



Nedal Aluminium BV

Groenewoudsedijk 1

3528 BG Utrecht

P.O. Box 2020

3500 GA Utrecht

The Netherlands

+31 (0)30 292 57 11

info@nedal.com

www.nedal.com

ALLOY DATA SHEET

EN-AW 6060[AlMgSi]

(Type: General extrusion alloy)

The alloy EN AW-6060 is a widely used extrusion alloy, suitable for applications where no special strength properties are required. Parts can be produced with a very good surface quality, suitable for many coating operations. Typical application fields are furniture, finishing materials, windows and doors, carbody finishing, façade construction, lighting columns and flagpoles, architecture, and food industry.

Chemical composition according to EN573-3 (weight%, remainder Al)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	remarks	others
0.30-0.6	0.10-0.30	max. 0.10	max. 0.10	0.35-0.6	max. 0.05	max. 0.15	max. 0.10		each max. 0.05 total max. 0.15

Mechanical properties according to EN755-2

Temper [*]	Wall thickness ^{***} e [mm]	Yield stress Rp _{0.2} [MPa]	Tensile strength Rm [MPa]	Elongation A [%]	A ₅₀ [%]	Hardness ^{**} HB
T4	≤ 25	60	120	16	14	45
T5	≤ 5	120	160	8	6	55
	5 < e ≤ 25	100	140	8	6	50
T6	≤ 5	150	190	8	6	65
	5 < e ≤ 25	140	170	8	6	60
T66	≤ 5	160	215	8	6	70
	5 < e ≤ 25	150	195	8	6	65

*Temper designation according to EN515: T4-Naturally aged to a stable condition, T5-cooled from an elevated temperature forming operation and artificially aged, T6-Solution heat treated, quenched and artificially aged, T66-cooled from an elevated temperature forming operation and artificially aged to a condition with higher mechanical properties through special control of manufacturing processes. (T6/T66 properties can be achieved by press quenching)

** Hardness values are for indication only

***For different wall thicknesses within one profile, the lowest specified properties shall be considered as valid for the whole profile cross section

Physical properties (approximate values, 20°C)

Density [kg/m ³]	Melting range [°C]	Electrical Conductivity [MS/m]	Thermal Conductivity [W/m.K]	Co-efficient of thermal Expansion 10 ⁻⁶ /K	Modulus of Elasticity [GPa]
2700	585-650	28-34	200-220	23.4	~70

Weldability¹

Gas: 3 TIG: 2 MIG: 2

Typical filler materials (EN ISO18273): SG-AlMg5Cr(A) or AlSi5, and AlMg3 when the product has to be anodised. Due to the heat input during welding the mechanical properties will be reduced by approximately 50% (ref. EN1999-1).

Machining characteristics¹

T4 temper: 3 T5 and T6 temper: 2

Coating properties¹

Hard protecting anodising: 1 Decorative/bright/colour anodising: 1

Corrosion resistance¹

General: 1 Marine: 2

¹Relative qualification ranging from 1-very good to 6 unsuitable

February 2018
Rev. 02



Liite 2. Sylinteri

